1. Optique physiologique.

1.1 Généralités.

L'image rétinienne est réelle, renversée plus petite que l'objet. Celle-ci doit se trouver sur la rétine pour qu'elle soit vue nettement. Il faut signaler que :

- L'image vue doit être nette, c'est à dire qu'un seul point objet doit avoir un seul point image. Système stigmate. Condition de gauss applicable dans le cas des faibles incidences.
- L'image toute l'image doit se trouver sur la rétine.
- La grandeur de l'image doit être suffisamment grande pour que celle ci soit vue.
- En plus de ces conditions qui doivent être satisfaites pour chaque œil, il faut que la taille et la position de l'image soient identiques pour chaque œil en vision binoculaire.

La vision diurne est maximale, celle ci diminue en vision nocturne. L'abaissement de l'acuité visuelle dû à un trouble dioptrique, une affection de la rétine ou une mauvaise conduction du nerf optique est dite **Amblyopie**.

1.2 Ophtalmoscopie.

1.2.1 Définition.

1.2.1 Définition. La technique qui permet d'examiner l'état physiologique du fond de l'œil, et de dire **objectivement** l'amétropie de l'œil est dite **ophtalmoscopie**.

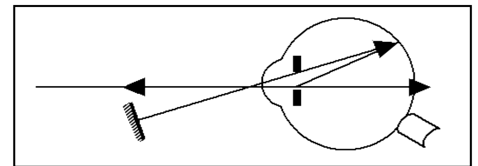
1.2.2 Technique.

Après avoir injecté de l'homatropine, le fond de l'œil d'un sujet est éclairé. Cette substance injectée permet de dilater la pupille et de bloquer l'accommodation de l'œil du sujet. L'œil du sujet pourrait être ainsi considéré comme étant au repos. Il existe deux techniques.

1.2.2.1 Skiascopie.

Avec une source lumineuse orientable grâce à un petit miroir, on éclaire le fond de l'œil d'un sujet de sorte que l'image de la source se forme sur la rétine. Cette technique permet de visualiser la structure de la rétine si elle n'est pas endommagée (décollement de la rétine), et de dire l'amétropie de l'œil.

- **Si S_1** image de **S** la source se trouve sur la rétine, la vision est nette et l'œil est emmétrope.
- **Si S_1** est en avant de la rétine l'œil est myope.
- **Si S_1** est en arrière de la rétine l'œil est hypermétrope.



1.2.2.2 Kératométrie.

Elle permet d'examiner l'uniformité des courbures de la cornée de l'œil du sujet éclairé. Si la courbure de la cornée n'est pas régulière, l'œil est astigmate.

1.3 Optique physiologique.

1.3.1 Rappel sur la lumière.

La lumière est un phénomène vibratoire qui est la conséquence des transitions électroniques ou nucléaires. La lumière est caractérisée par :

- Une longueur d'onde λ, Une période T et Une vitesse de propagation dans le vide notée $C = 3\ 10^8$ m/s.

Une énergie ($E = h.f= h.C/\lambda$) est transportée par l'onde lors de sa propagation, sans transporter la masse.

Il faut noter que l'image rétinienne est le résultat de l'interaction de la lumière incidente avec les cellules réceptrices de la rétine. Cette interaction donne la sensation de la vision ou **message visuel.**

1.3.2 Image rétinienne.

La notion d'image est facile à définir au sens géométrique, mais difficile à définir au sens biophysique. Cette image est le résultat de l'interaction de la lumière incidente arrivant sur la rétine et les cellules réceptrices de la rétine. Dans le phénomène de la vision de l'image on distingue deux composantes :

- L'une est la perception de l'intensité lumineuse. Elle dépend de l'énergie transportée par le rayonnement.
- L'autre est la perception de la teinte de la radiation incidente, celle ci dépend de sa longueur d'onde.

1.3.2.1 Notion de radiométrie.

La radiométrie est la science qui permet d'étudier la quantité d'énergie emportée par une radiation. On Définit quatre variables principales dans la **radiométrie** :

- **Intensité énergétique (I)** il définit le flux énergétique par unité d'angle solide, **$I=\Phi/\Omega$ (W/(s.sd)).**
- **Flux énergétique (Φ)** il définit l'énergie transportée par la radiation incidente par unité de temps. **Φ = w/t (j/s)**.
- **Eclairement énergétique (E)** c'est l'énergie transportée par unité de surface, **$E=\Phi/S$** w/m².
- **Brillance énergétique (B)** L'énergie transportée par unité de surface et d'angle solide, **$B = \Phi/ (S.\Omega)$** en w/m².sd.

Ces grandeurs physiques caractérisent la quantité d'énergie de la radiation incidente qui arrive sur la rétine.

1.3.2.2 Notion de photométrie.

L'image rétinienne dépend de la quantité d'énergie transportée par la radiation incidente, mais aussi de la longueur d'onde caractérisant la couleur de l'image. Quatre variables principales permettent de définir la quantité de lumière emportée par la radiation et la couleur de celle ci.

- **Intensité lumineuse (I)** : quantité de lumière émise par une source, son unité est la **candela (cd)**.
- **Le flux lumineux (F)**, il exprime l'intensité lumineuse par unité d'angle solide, son unité est le **lumen.**
- **Luminance (L)** est intensité de lumière par unité de surface, son unité est le **Nit = cd/m².**
- **L'éclairement lumineux (E)**, il exprime le flux par unité de surface, son unité est le **lux = lumen/m²**.

1.3.3 Message visuel. (Tri variance). Le message visuel peut être caractérisé par trois variables indépendantes. Ces variables sont :

- **La luminance L**, c'est une grandeur mesurable qui permet au sujet de mesurer l'intensité de la lumière reçue.
- **La tonalité T** permet au sujet de distinguer les couleurs de l'image. La **tonalité n'est pas une grandeur mesurable.**
- **La saturation S** exprime la quantité de couleur blanche contenue dans une radiation incidente donnée. La saturation permet de laver ou de pâlir une couleur donnée.

Il faut signaler que ces trois variables ou tri variance visuelle permettent de définir trois types de vision.

- **Vision diurne ou Photopique.** Elle est caractérisée par une vision nette des couleurs. La luminance est : **L > 10 nits.**
- **Vision nocturne ou Scotopique.** Elle est caractérisée par l'absence des couleurs. La luminance est : **$L < 10^{-3}$ nits**.
- **Vision crépusculaire ou mésopique.** Elle est caractérisée par une vision grise des couleurs. La luminance est : **10^{-2} nits <L< 10 nits**.

1.4 Structure de la rétine.

L'œil est une suite de milieux transparents, se terminant par la rétine. La rétine est la membrane nerveuse de l'œil, elle est reliée au système nerveux central par le nerf optique.

1.4.1 Sensibilité de l'œil. L'œil ne peut distinguer que la lumière dont la longueur d'onde est comprise entre 400 nm et 750 nm. Celle ci peut être monochromatique ou poly chromatique. Tout changement des conditions d'éclairage s'accompagne d'une perte plus ou moins prolongée de la sensibilité de l'œil. L'œil doit **s'adapter** aux nouvelles conditions d'éclairages pour récupérer ces facultés de vision normale nette.

La sensation de la vision est due à deux caractéristiques de la lumière reçue par la rétine.

- **L'intensité lumineuse** : c'est à dire l'énergie de la radiation incidente.
- **La tonalité** : la couleur de l'image formée par la radiation incidente sur la rétine.

1.4.1.1 Constituant de la rétine. La rétine est un véritable écran qui tapisse le fond de l'œil. Elle présente d'importante modification régionale. La rétine est composée de plusieurs types de cellules. Chacune d'elle est destinée à faire un rôle bien précis.

- Au centre de la rétine se trouve la **fovéa** ou la **tache jaune**. Dans cette partie se fait la vision des détails d'objets ainsi que la vision des couleurs. On parle de **vision photo pique.**
- La périphérie permet la **vision scotopique** plus globale mais pas nette. Elle ne permet pas la vision des détails d'objets et de couleurs.
- Il faut signaler l'existence de la papille (point d'entrée du nerf optique) qui ne possède pas de cellules réceptrices.

1.4.1.2 Comparaison entre les cellules à cônes et les cellules à bâtonnets. Il existe deux types de cellules photo réceptrice, les cellules à **cônes** et les cellules à **bâtonnets**.

- **A) Les cellules à cônes** : Leur nombre est de 10 millions par œil. Ils sont concentrés dans la partie centrale de la rétine. Leur nombre diminue en s'éloignant du centre de la rétine. Leur rôle principal est la vision **photo pique**. On retrouve trois types de cônes :
  - Les cônes qui reçoivent la radiation de couleur rouge ;
  - Les cônes qui reçoivent la radiation de couleur bleue ;
  - Les cônes qui reçoivent la radiation de couleur verte.
- **B) Les cellules à bâtonnets** : Ils se trouvent en grande quantité dans la périphérie de la fovéa. Leur nombre est de 150 millions par œils. Ils permettent la **vision scotopique**.

Le tableau suivant permet de comparer les deux cellules.

	Bâtonnets	Cônes
Topographie	Uniquement la périphérie de la rétine	Surtout dans la fovéa.
Domaine de vision	Nocturne ou scotopique.	Diurne ou Photopique.
Sensibilité	Forte sauf au rouge.	Faible.
Précision (Acuité visuelle)	Faible.	Forte.
Variance	Vision uni variante (Non colorée).	Vision tri variante (colorée).
Adaptation	Importante et lente.	Faible et rapide.
Pigment	Un seul la Rhodopsine.	Trois pigments distincts (Iodopsine).
Connections	Plusieurs sont reliées à une cellule ganglionnaire par le biais d'une cellule bipolaire.	Une cellule est reliée à une seule cellule ganglionnaire par le biais d'une cellule bipolaire.

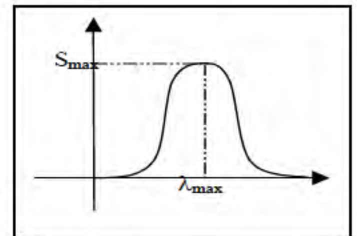
Remarque : Les cellules réceptrices ne se **multiplient pas**, c'est à dire, qu'elles ne se régénèrent pas, le vieillissement de celles ci entraîne la perte de la vue.

1.4.2 Etape photochimique. L'énergie de la radiation incidente sera transmise aux cellules réceptrices. Ces cellules vont convertir l'énergie reçue en un rayonnement chimique. Ce rayonnement chimique sera transmis au cerveau par le nerf optique. La sensibilité des photorécepteurs est due à une substance chimique (pigment), qui existe dans la cellule. Il existe deux types de pigments :

- **La iodopsine :** C'est une substance chimique que l'on retrouve dans les cellules à cônes. On retrouve de l'iodopsine bleu, rouge et verte.
  - Les cônes récepteurs de la couleur bleue contiennent 100 milles iodopsine bleue, une seule iodopsine rouge et une seule iodopsine verte.
  - Les cônes récepteurs de la couleur rouge contiennent 100 milles iodopsine rouge, une seule iodopsine bleue et une seule iodopsine verte.
  - Les cônes récepteurs de la couleur verte contiennent 100 milles iodopsine verte, une seule iodopsine rouge et une seule iodopsine bleue.
- **La rhodopsine :** C'est une substance que l'on retrouve dans les cellules à bâtonnets.

1.5 Spectre d'absorption : On appelle signal toute réponse de la cellule à une excitation donnée, c'est à dire, réaction de la cellule à l'énergie ramenée par la radiation et absorbée par cette dernière.

Le spectre d'absorption nous permet de représenter le signal en fonction de la longueur d'onde **λ.** L'absorption est maximale lorsque le spectre est maximal pour une longueur donnée.



Lors de l'interaction de la lumière incidente avec les cellules réceptrices, l'énergie de la radiation est transférée au pigment de la cellule.

Cette augmentation d'énergie est retrouvée dans les liaisons intramoléculaires, ce qui entraîne une modification de la structure spatiale, donc modification de la fonction biologique.

Rhodopsine + Lumière ==========> réponse appelée rétinal Cis.

Iodopsine + Lumière ==========> réponse appelée rétinal Trans.

L'augmentation du rétinal Cis produit un signal électro-physiologique par l'ouverture des canaux de la membrane cellulaire. Voir cours électrophysiologie. L'influx nerveux résultant est transmis par le nerf optique au cerveau, centre de traitement de l'information. Le résultat de l'interaction est la sensation de la vision des objets.

La Rhodopsine absorbe les radiations incidentes de longueur d'onde comprise entre 0,4 µm et 0,8 µm.

La Iodopsine bleue absorbe la radiation de 0,47 µm, la verte 0,57 µm et la rouge 0,6 µm.

Il faut noter qu'il existe deux champs. Un champ nasal ou interne et un champ temporal. Les deux champs n'ont pas la même destination au niveau du cerveau. Le champ nasal droit est reçu par l'hémisphère gauche. Le champ nasal gauche est reçu par l'hémisphère droit. La synthèse finale se fera dans les centres nerveux supérieurs de la vision.

1.6 Conclusion. La lumière traverse les différents milieux transparents de l'œil. Cette lumière sera projetée sur la rétine. Dans la rétine se produira une réaction photo chimique qui va donner naissance à un signal électro-physiologique. Ce signal ou influx nerveux est transmis par le nerf optique vers les régions correspondantes du cerveau. L'analyse de l'information reçue donne la sensation de la vision. Le temps total écoulé entre le moment de la vue est la sensation de la vision est de l'ordre de 1/ 32 s.